

УДК 621.85.055+620.1.08

І. Луців, докт. техн. наук; П. Кривий, канд. техн. наук; П. Кривінський

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

ПЕРІОДИЧНІСТЬ ВИМІРЮВАНЬ ВИДОВЖЕННЯ ВІДРІЗКІВ ПРИВОДНИХ РОЛИКОВИХ І ВТУЛКОВИХ ЛАНЦЮГІВ ПРИ ВИПРОБУВАННІ ЇХ НА НАДІЙНІСТЬ

Резюме. На основі аналізу існуючих літературних джерел встановлено, що періодичність вимірювань видовження відрізків приводних роликів і втулкових ланцюгів науково не обґрунтовано. Запропоновано методику визначення періодичності вимірювань видовження відрізків приводних ланцюгів із урахуванням інтенсивності зношування їх шарнірів і стохастичності значень видовження відрізків. Отримано формули для визначення періодичності вимірювань залежно від інтенсивності зношування й точності вимірювального приладу. Наведено дані періодичності вимірювань видовження відрізків приводного ланцюга ПР-12,7-1800-2 при випробуванні його на надійність при різній інтенсивності зношування.

Ключові слова: приводний роликів ланцюг, періодичність вимірювання, точність приладу, випробування, надійність.

I. Lutsiv, P. Kryvyi, P. Kryvinskyi

MEASUREMENT INTERVAL OF THE DRIVING ROLL AND BUSH CHAIN SECTIONS ELONGATION UNDER RELIABILITY TESTING

The summary. Having analysed the available references, it was found, that the measurement interval of the driving roll and bush chain sections elongation has not been scientifically explained. The method of finding the measurement interval of driving chain sections elongation, taking into account their joint wear intensity and the section elongation stochasticity factor, has been proposed. Formulae for finding measurement interval, depending on the wear intensity and the measuring device accuracy, have been obtained. Data on measurement interval of the driving chain ПР-12,7-1800-2 sections elongation under reliability testing with different wear intensity, have been presented.

Key words: roll driving chain, measurement interval, device accuracy, testing, reliability.

Постановка проблеми. Розвиток науково-технічного прогресу спричиняє появу тенденцій збільшення потужності машин, їх швидкохідності та продуктивності. Це в свою чергу призводить до необхідності передавати конструктивними елементами машин, з одного боку, більші навантаження, а з другого – визначати критерії їх надійності. Стосовно приводних роликів і втулкових ланцюгів (ПРВЛ), які широко використовуються в сільськогосподарських, дорожніх, друкарських машинах, двигунах внутрішнього згоряння, вертольотах тощо. Одним із основних критеріїв надійності є зносостійкість їх шарнірів, яка регламентується такими показниками, як граничне видовження встановленої довжини відрізка [1].

На даний час діючий стандарт [1] не регламентує періодичності вимірювання видовження відрізка, а вказана кількість замірів, з точки зору забезпечення заданої достовірності вимірювального параметра, який є випадковою величиною на основі положень теорії ймовірностей, математичної статистики та метрології, є науково необґрунтованою.

Тому вирішення проблеми забезпечення надійності ПРВЛ шляхом встановлення достовірних значень зносостійкості їх шарнірів через науково обґрунтовану

періодичність вимірювань, видовження відрізків ланцюгів при випробуванні їх на надійність є актуальним завданням.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У багатьох наукових працях [2-8], які присвячені дослідженню точності конструктивних параметрів і роботоздатності ПРВЛ, в основному подано дані про кінцеві результати. При цьому більшість авторів досліджень, відзначаючи певні недоліки регламентованих діючим стандартом технічних умов щодо контролю точності розмірних параметрів ПРВЛ, не подають методик, які вони використовували для встановлення величин зношування шарнірів і видовження відрізків ПРВЛ.

Наприклад, у роботі [8] В.О. Хлунов, аналізуючи основні недоліки існуючої методики періодичності вимірювання розмірних параметрів ПРВЛ, вважає доцільним вибирати довжину відрізка, яка б визначалася парною кількістю ланок ланцюга. В подальшому, подаючи схему приладу для вимірювання довжини відрізка, не наводить самої методики вимірювання досліджуваного параметра.

Аналіз результатів досліджень надійності ПРВЛ ПР-15,875-2300-2, які провело Центральне конструкторське бюро ланцюгових передач і пристроїв «ВНИИПТУглемаш» (Москва) показав, що довжина відрізка, за збільшенням якої визначали величину зношування, складалася із 30-и ланок, а саму величину зношування оцінювали шляхом визначення видовження довжин 10 відрізків. У випадку, коли відбувалося руйнування втулки чи ролика, який у процесі вимірювань контактував із губками приладу, то результат не враховували. Необхідно відзначити, що за деякими параметрами (число зубців зірочок, зусилля натягу робочої вітки, кількість ланок у контурі ПРВЛ) використовувана методика дещо відрізнялася від регламентованої стандартом.

Існуюча на Даугавпілському заводі ланцюгів (Латвія) методика вимірювань величини видовження відрізків ПРВЛ при їх випробуваннях на надійність, яка в основному відповідає вимогам діючих стандартів (ГОСТ, ISO, DIN, ДСТУ), на наш погляд, має певні недоліки.

По-перше, вимірювання відхилення довжини даного відрізка від номінального значення здійснюється тільки один раз. Вимірюють тільки два відрізки, розміщені на різних кінцях довжини ланцюга. Оцінкою величини видовження є середнє арифметичне двох замірів.

По-друге, у випадку заміни на контрольованому відрізку внутрішніх ланок, в яких під час випробувань зруйнувалися ролики чи втулки новими не зношеними – повторне вимірювання довжини цього відрізка не здійснюють. Це призводить до отримання недостовірних результатів, які свідчать про нібито підвищення зносостійкості в міру збільшення часу випробувань і кількості руйнувань роликів чи втулок.

По-третє, вимірювати величину видовження відрізків тільки один раз, не враховуючи наявності ексцентриситетів роликів і точності вимірювального приладу через, наприклад, 8 годин випробувань, явно недостатньо, бо сумарна різностійкість роликів, які контактують із губками приладу, може бути співрозмірною з величиною зношування шарнірів ПРВЛ, яке виражається через видовження відрізків.

Питання періодичності вимірювань видовження відрізків ПРВЛ найповніше і обґрунтовано висвітлено в роботі [6]. Проте при розгляді цього питання автор не врахував періоду припрацювання, який характеризується значно більшою інтенсивністю зношування, ніж період усталеного спрацювання. Якщо відношення часу тривалості випробувань до часу періоду припрацювання величина більша 2...4, то отримані залежності, наведені в роботі [6], можуть дати значні похибки.

Проведений аналіз існуючих літературних джерел, діючих стандартів і методик випробувань ПРВЛ на надійність показав, що на даний час періодичність вимірювань видовження відрізків ПРВЛ при їх випробуваннях недостатньо науково обґрунтовано.

Мета роботи. На основі наукового аналізу створити методику періодичності вимірювань видовження відрізків ПРВЛ при випробуванні їх на надійність з точки зору ймовірнісних підходів як об'єктивний критерій оцінки якості досліджуваних приводних ланцюгів і забезпечення необхідного рівня достовірності отриманих результатів.

Постановка завдання. Враховуючи стохастичність процесу зношування шарнірів ПРВЛ і при цьому видовження їх відрізків, створити на основі теорії ймовірності й математичної статистики методику й отримати залежності для визначення періодичності вимірювань величини видовження відрізків приводних ланцюгів при випробуваннях їх на надійність.

Результати досліджень. Періодичність вимірювання видовження відрізків ПРВЛ при випробуваннях їх на надійність розглянемо в 2 етапи.

На першому етапі, що відповідає стадії проектування, відсутні будь-які експериментальні дані про видовження відрізків, регламентованими [1] значеннями, а саме: граничними відхиленнями довжини відрізків ПРВЛ після складання – $\Delta L_{p.c.k}$ і після завершення випробування $\Delta L_{p.v}$. Проілюструємо видовження відрізків ПРВЛ при випробуванні їх на надійність розрахунковою схемою, зображеною на рисунку 1.

Прийmemo при цьому таке допущення, що інтенсивність зношування ПРВЛ, виготовлених за [1] на періодах припрацювання і нормальної експлуатації – однакова.

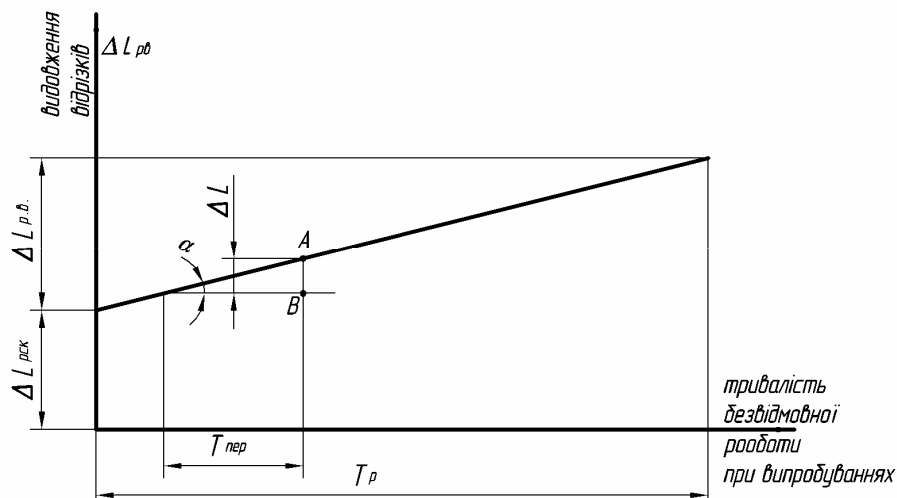


Рисунок 1. Розрахункова схема для визначення періодичності вимірювань видовження відрізків ПРВЛ при випробуваннях їх на надійність на стадії проектування

З урахуванням наведеного допущення, максимальну інтенсивність зношування шарнірів I_{max} визначаємо з залежності

$$I_{max} = \frac{\Delta L_{\partial a}}{T_p} = \operatorname{tg} \alpha, \quad (1)$$

де T_p – тривалість випробувань ПРВЛ, регламентована [1].

Номинальна регламентована довжина відрізків $L_{i.\partial}$ із урахуванням особливості зачеплення шарнірів ланцюга з зубцями зірочок, яка повинна дорівнювати довжині робочої вітки на основі розрахункової схеми, зображеної на рисунку 2, буде

дорівнювати

$$L_i = t_{i\zeta} \cdot n_1 + t_{i\delta} \cdot n_2 - D_{\delta,i} + \delta_i, \quad (2)$$

де $t_{i\zeta}$ і $t_{i\delta}$ – відповідно номінальні значення зовнішніх і внутрішніх контактних кроків;

$n = n_1 + n_2$ – регламентована стандартом [8] кількість ланок у відрізку ПРВЛ;

n_1 і n_2 – відповідно кількість зовнішніх і внутрішніх ланок у відрізку;

D_{pn} – номінальний діаметр ролика;

δ_i – номінальне значення зазору між внутрішньою циліндричною поверхнею ролика та зовнішньою циліндричною поверхнею втулки.

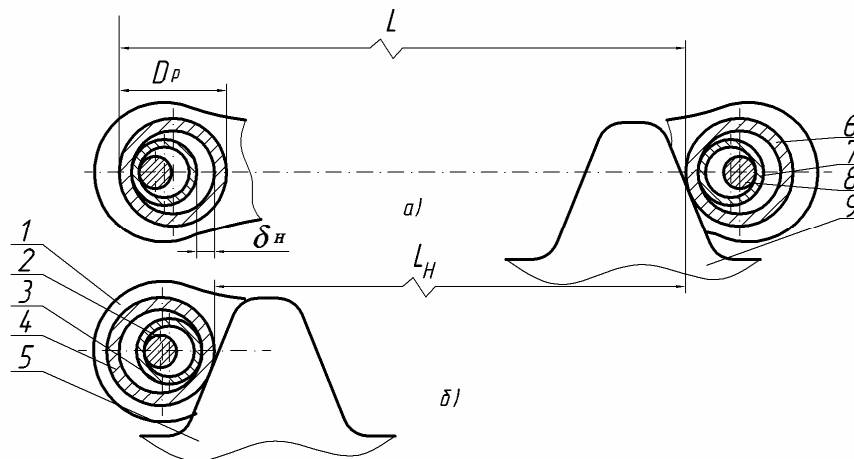


Рисунок 2. Розрахункова схема для визначення номінальної регламентованої довжини відрізка:

1 – внутрішня пластина; 2,3,4 – відповідно ролик, втулка і валик шарніра, що контактує із зубом 5 ведучої зірочки; 6,7,8 – відповідно ролик, втулка і валик, що контактує із зубом 9 веденої зірочки; а) і б) – положення ролика в $n+1$ -му шарнірі при визначенні довжини відрізка за контактними кроками і при контакті його із зубом ведучої зірочки відповідно

Періодичність вимірювань $T_{пер}$ видовження відрізків при випробуваннях ПРВЛ на надійність будемо визначати, виходячи з наступного. Величина видовження відрізка $\Delta L = AB$ повинна, виходячи із точності вимірювального приладу – Δ та регламентованого запасу точності – k , дорівнювати $\Delta L = k \cdot \Delta$.

Використавши залежність (2), дані конструкторської документації Даугавпілського заводу для ПР-12,7-18,2 і ПР-15,875-23, Тульського (Росія) і Бішкекського (Киргизія) виробництва ланцюгів відповідно ПР-19,05-31,8 і ПР-38,1-127 та діючий стандарт [1], отримали номінальне значення довжин відрізків – L_i , граничні відхилення від номінальних значень: після складання – $\Delta L_{\delta,n}$ та після випробувань – $\Delta L_{\delta,\delta}$, які наведено в таблиці 1.

Таблиця 1. Номінальні та регламентовані [1] значення відхилень довжин відрізків після складання та після випробувань досліджуваних ланцюгів

Показники довжини і їх відхилень	Типорозмір ланцюга				
	ПР-12,7-18,2	ПР 15,875-23	ПР 19,05-31,8	ПР 25,4-60	ПР 38,1-127
ΔL_i	613,877	767,875	921,790	1228,970	1463,920
$\Delta L_{\delta,n}$	0,927	1,152	1,383	1,843	2,196

$\Delta L_{\delta, \dot{a}}$	2,5	3,1	1,9	1,9	2,3
------------------------------	-----	-----	-----	-----	-----

Врахувавши (1) із розрахункової схеми (рис. 1), отримаємо

$$T_{i\dot{a}\delta} = \frac{k \cdot \Delta \cdot T_p}{\Delta L_{\delta \dot{a}}} \quad (3)$$

Задавшись, наприклад $k=5$, $\Delta=0.01$ мм (у випадку використання індикатора годинникового типу ИЧ-10) і врахувавши для певного типорозміру ПРВЛ, виготовлених за [1] вимоги для груп випробувань А ($t=12,7$ мм і $15,875$ мм) і Б ($t=19,05$ мм, $25,4$ мм і $38,1$ мм), отримаємо значення періодичності вимірювань $T_{пер}$, які наведено в таблиці 2.

Таблиця 2. Значення періодичності вимірювань видовження відрізків ланцюгів

Типорозмір ПРВЛ	ПР-12,7-18,2	ПР-15,875-23	ПР-19,05-31,8	ПР-25,4-60	ПР-38,1-127
Періодичність вимірювань $T_{пер}$, год.	14,0	11,3	20,0	14,7	11,7

На другому етапі врахуємо, що згідно з [1] має місце період припрацювання, а також те, що в результаті проведення наукових досліджень отримано експериментальні дані видовження відрізків при випробуванні ПРВЛ на надійність згідно із вимогами [1]. Видовження відрізків від номіналу вимірювали на спеціальному пристрої, схематично зображеному на рисунку 3.

На основі 1 і на стійках 15, 18 змонтовано вимірювану планку 14, на яку встановлено досліджуваний зразок ПРВЛ. Кронштейн 8 і нерухомий упор 10 жорстко закріплено на основі 1. В отворі кронштейна 8 нерухомо встановлено індикатор 7, на рухомому штоці якого закріплено губку 9. У нерухомий упор 10 впирається ролик 11 досліджуваного відрізка ПРВЛ, який у свою чергу спряжений із втулкою 12, що запресовано в отворі внутрішньої пластини 16. Через втулку 12 пропущено валик 13, який запресовано в отвори зовнішніх пластин (на рисунку не показано). Валик 6 лівого кінця ПРВЛ через тросик 5 і вільно посаджено на вісь 3, ролик 4 зв'язаний із вантажем 2.

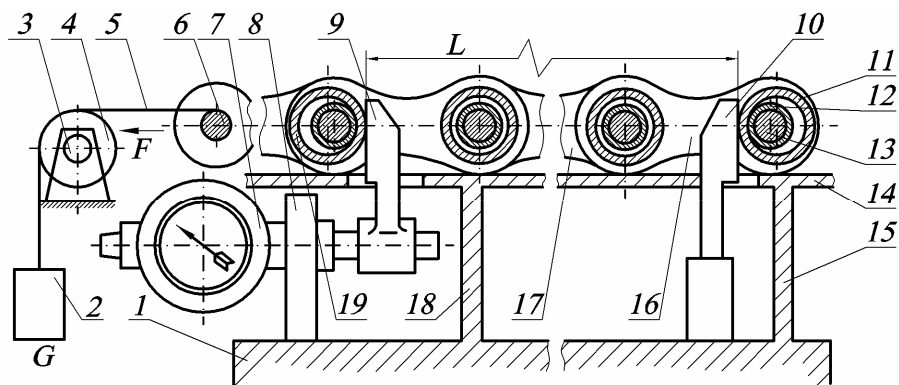


Рисунок 3. Конструктивна схема пристрою для контролювання відхилення довжини відрізка від номіналу

Така конструкція пристрою моделює зачеплення шарнірів ПРВЛ із зубцями зірочок, яке має місце в реальній ланцюговій передачі. Нерухомий упор 10 відіграє роль зуба веденої зірочки, а рухома губка 9 моделює зуб ведучої зірочки. Довжина відрізка L_n являє собою частину довжини робочої вітки ланцюгової передачі, а її номінальне значення, використавши розрахункову схему, зображену на рисунку 2, визначають за формулою 2.

Пристрій працює таким чином. Спочатку здійснюють його налагодження. До валика 6, забезпечивши відповідну величину G вантажу 2, прикладають розтягуюче зусилля $F = 0,01F_p$, де F_p – регламентоване значення розривного зусилля [1] і, використовуючи штангенциркуль заданої точності або спеціальний шаблон, виставлені на номінальне значення довжини відрізка L_n , встановлюють на нерухомий упор 10 і рухому губку 9, а шкалу індикатора 7 виставляють на «нуль», фіксуючи при цьому покази малої стрілки. Після цього знімають навантаження, забирають штангенциркуль (спеціальний шаблон) і пристрій готовий для контролю видовження відрізка.

Рухома губку 9 переміщують вправо на певну величину і фіксують її в цьому положенні, щоб забезпечити вільне входження губки в середину внутрішньої ланки. На мірну лінійку 14 встановлюють досліджуваний зразок ПРВЛ так, щоб нерухомий упор 10 увійшов у контакт із зовнішньою циліндричною поверхнею ролика 11 із внутрішнього боку внутрішньої ланки. Досліджуваний зразок розтягують заданим зусиллям F_p , доводять до контакту рухома губку 9 із зовнішньою циліндричною поверхнею ролика 19 і за показом індикатора 7 визначають відхилення від номіналу довжини досліджуваного відрізка. Потім відрізок ПРВЛ знімають і, повторивши наведені прийоми, аналогічно визначають відхилення ΔL_i від номіналу інших відрізків. При цьому, враховуючи те, що залежно від величини кроків приводних ланцюгів, виконаних відповідно до вимог діючого стандарту, довжини відрізків, які підлягають вимірюванню, складаються з n ланок ($n=11...49$) [1] та, спираючись на граничну теорему Чебишева, приймають, що розсіювання відхилень довжин відрізків від номіналу підпорядковане нормальному закону розподілу. Тоді можна записати, що a – середнє значення величини.

Отримані результати піддають статистичному опрацюванню; встановлюють, за методом Греббса [9], наявність значень, які різко відрізняються, і за критерієм Колмогорова підтверджують відповідність експериментального розсіювання величини ΔL_i закону Гауса.

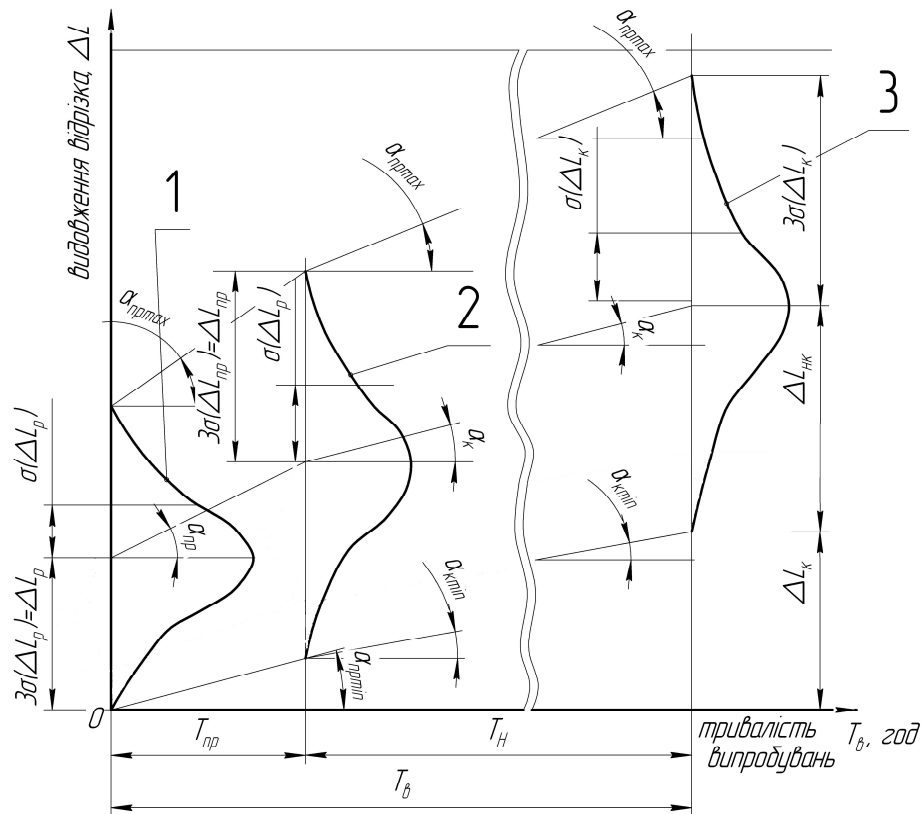


Рисунок 4. Розрахункова схема для визначення періодичності вимірювань видовження відрізків при стендових випробуваннях ПРВЛ на надійність: 1,2,3 – відповідно теоретичні криві нормального закону розсіювання видовження відрізків після складання, періоду припрацювання і закінчення випробувань

На рисунку 4 зображена розрахункова схема для визначення періодичності вимірювань видовження відрізків ПРВЛ при стендових випробуваннях їх на надійність. На схемі: 1 – крива нормального розподілу розсіювання відхилення від номіналу величини за даними [1]; 2,3 – криві нормального розподілу видовжень після періоду припрацювання та тривалості випробувань. Нехай у початковий момент (після складання) розсіювання відхилення довжини відрізків ПРВЛ характеризується регламентованими [1] параметрами: регламентованим середнім значенням відхилень $\Delta \bar{L}_p = \delta_p / 2$ і середнім квадратичним відхиленням $\sigma(\Delta L_p) = \delta_p / 6$, тут δ_p – регламентоване [1] максимальне відхилення, а після припрацювання і закінчення випробувань, відповідно, середніми значеннями відхилень $\Delta \bar{L}_{i\delta}$ і $\Delta \bar{L}_\epsilon$ та середніми квадратичними відхиленнями $\sigma(\Delta L_{i\delta})$ і $\sigma(\Delta L_\epsilon)$.

За визначальні фактори приймемо збільшення довжини відрізка за час припрацювання $\dot{O}_{i\delta} - \Delta L_{\min np}$ та за час усталеного процесу зношування $T_y = T_{a,\delta} - \dot{O}_{i\delta} \cdot \delta - \Delta L_{\min yc}$, де $\dot{O}_{i\delta} \cdot \delta$ і $T_{e,p}$ – регламентована [1] тривалості процесу припрацювання і випробувань відповідно.

Тоді в загальному, мінімальне видовження відрізків за період припрацювання і усталеного процесу зношування виразиться залежностями $\Delta L_{\min np} = f(T_{np})$ та $\Delta L_{\min yc} = f_2(T_\epsilon - T_{np})$.

Періодичність вимірювань T_e видовження відрізка буде визначатись інтенсивністю зношування I на періодах припрацювання $I_{i\delta}$ та усталеного процесу зношування I_{δ} , тобто відношенням збільшення довжини відрізка до певного часу його випробувань $I = \Delta L / T$.

Використавши розрахункову схему, зображену на рисунку 4, отримаємо залежності для визначення мінімальної – I_{\min} , найбільш імовірної – $I_{i.i}$ та максимальної – I_{\max} інтенсивності зношування відповідно за такі періоди: припрацювання $\dot{O}_{i\delta}$, тобто $I_{i\delta.\min}$, $I_{i\delta.i.i}$, $I_{i\delta.\max}$ і усталеного процесу зношування $T_y = T_{a.\delta} - \dot{O}_{i\delta.\delta}$, тобто $I_{\delta.\min}$, $I_{\delta.i.i}$, $I_{\delta.\max}$, тут T_a – загальний час випробувань, встановлений [1].

$$I_{i\delta.\min} = \frac{\Delta \bar{L}_{i\delta} - 3\sigma(\Delta L_{i\delta})}{T_{i\delta.\delta}}, \quad (4)$$

$$I_{i\delta.i.i} = \frac{\Delta \bar{L}_{i\delta} - 0,5\delta_{\delta}}{T_{i\delta.\delta}}, \quad (5)$$

$$I_{i\delta.\max} = \frac{\Delta \bar{L}_{i\delta} + 3\sigma(\Delta L_{i\delta}) - \delta_p}{T_{i\delta.\delta}}, \quad (6)$$

$$I_{\delta.\min} = \frac{[\Delta \bar{L}_{\delta} - 3\sigma(\Delta L_{\delta})] - [\Delta \bar{L}_{i\delta} - 3\sigma(\Delta L_{i\delta})]}{T_{\delta\bar{n}}} = \frac{\Delta \bar{L}_{\delta} - \Delta \bar{L}_{i\delta} - 3[\sigma(\Delta L_{\delta}) + \sigma(\Delta L_{i\delta})]}{T_{\delta\bar{n}}}, \quad (7)$$

$$I_{\delta.i.i} = \frac{\Delta \bar{L}_{\delta} - \Delta \bar{L}_{i\delta}}{T_{\delta\bar{n}}}, \quad (8)$$

$$I_{\delta.\max} = \frac{[\Delta \bar{L}_{\delta} + 3\sigma(\Delta L_{\delta})] - [\Delta \bar{L}_{i\delta} + 3\sigma(\Delta L_{i\delta})]}{T_{\delta\bar{n}}} = \frac{\Delta \bar{L}_{\delta} - \Delta \bar{L}_{i\delta} + 3[\sigma(\Delta L_{\delta}) - \sigma(\Delta L_{i\delta})]}{T_{\delta\bar{n}}}. \quad (9)$$

Величина видовження відрізка ΔL , яка вимірюється приладом з точністю вимірювання $\Delta_{\delta\bar{n}}$ з урахуванням [1] повинна задовольнити $\Delta L = k \cdot \Delta_{\delta\bar{n}}$, де $k = 4 \dots 6$ – коефіцієнт точності вимірювань.

Інтервали часу $T_{i\delta.\max}$, $T_{i\delta.i.i}$, $T_{i\delta.\min}$, що відповідають відповідно $I_{i\delta.\min}$, $I_{i\delta.i.i}$ і $I_{i\delta.\max}$ на періоді припрацювання визначаємо за формулами

$$T_{i\delta.\max} = \frac{k \cdot \Delta_{\delta\bar{n}} \cdot \dot{O}_{i\delta.\delta}}{\Delta \bar{L}_{i\delta} - 3\sigma(\Delta L_{i\delta.\delta})}, \quad (10)$$

$$T_{i\delta.i.i} = \frac{k \cdot \Delta_{\delta\bar{n}} \cdot \dot{O}_{i\delta.\delta}}{\Delta \bar{L}_{i\delta} - 0,5\delta_{\delta}}, \quad (11)$$

$$T_{i\delta.\min} = \frac{k \cdot \Delta_{\delta\bar{n}} \cdot \dot{O}_{i\delta.\delta}}{\Delta \bar{L}_{i\delta} + 3\sigma(\Delta L_{i\delta.\delta})}, \quad (12)$$

а на періоді усталеного процесу

$$T_{y.\max} = \frac{k \cdot \Delta_{\text{вим.}} \cdot T_y}{[\Delta \bar{L}_{\kappa} - 3\sigma(\Delta L_{\kappa})] - [\Delta \bar{L}_{np} - 3\sigma(\Delta L_{np})]}, \quad (13)$$

$$T_{y.i.i} = \frac{k \cdot \Delta_{\text{вим.}} \cdot T_y}{\Delta \bar{L}_{\kappa} - \Delta \bar{L}_{np}}, \quad (14)$$

$$T_{yc.min} = \frac{k \cdot \Delta_{взм.} \cdot T_y}{\left[\Delta \bar{L}_k + 3\sigma(\Delta L_k) \right] - \left[\Delta \bar{L}_{np} + 3\sigma(\Delta L_{np}) \right]} \quad (15)$$

Для отримання практичних рекомендацій використано результати експериментальних досліджень Кривого П.Д. з випробування на надійність ланцюга ПР-12,7-18,2 згідно з вимогами [1], результати яких наведено в таблиці 3 і зображено на рисунку 5.

Таблиця 3. Статистичні ряди і характеристики розсіювання довжин відрізків і їх відхилень від номіналу ланцюга ПР-12,7-18,2

№ з/п	Значення довжини відрізка, мм, після			Значення відхилень від номіналу після		
	Складання	Припрацювання (90 год.)	700 год. випробування	Складання	Припрацювання (90 год.)	700 год. випробування
1	614,70	615,08	615,88	0,83	1,21	2,01
2	614,24	614,51	615,09	0,37	0,64	1,22
3	614,36	614,90	616,11	0,49	1,03	2,24
4	614,10	614,67	615,73	0,23	0,80	1,86
5	614,68	615,09	615,85	0,81	1,22	1,98
6	614,52	615,13	616,05	0,65	1,26	2,18
7	614,55	614,90	615,64	0,68	1,17	1,77
8	614,56	614,88	615,36	0,99	1,01	1,49
9	614,35	615,03	616,42	0,48	1,16	2,55
10	614,80	615,31	616,36	0,93	1,44	2,49
11	614,70	615,04	615,77	0,83	1,17	1,88
12	614,38	614,72	615,50	0,51	0,85	1,63
13	614,18	614,58	615,68	0,31	1,15	1,81
14	614,00	614,49	615,63	0,13	0,62	1,76
15	614,14	614,61	615,62	0,27	0,74	1,75
16	614,40	614,78	615,49	0,53	0,91	1,62
17	614,30	614,67	615,42	0,49	1,31	1,55
18	614,54	615,00	615,99	0,67	1,13	2,12
19	614,36	614,91	616,02	0,49	1,04	2,15
20	614,29	614,60	615,22	0,42	1,40	1,65
Середнє значення $\Delta \bar{L}$, мм	614.41	614.84	615.78	0,55	1,06	1,87
Середньо-квад-ратичне відхилення $\sigma(\Delta L_i)$	0.22	0.24	0.35	0,22 [8]	0,24	0,35
Коефіцієнт варіації K_{var}					0,236	0,187

Оцінку суттєвості відмінності відхилення від номіналу довжини відрізка після припрацювання та після закінчення випробувань за середніми значеннями і дисперсіями здійснили за критеріями відповідно Стюдента – t_k та Фішера – F [9]. Встановлено, що середні значення відхилень від номіналу після припрацювання і складання, а також після закінчення випробувань і припрацювання відрізняється

суттєво, а дисперсії розсіювання відрізняються не суттєво.

Стабільність зношування при випробуваннях ПРВЛ на надійність оцінювали коефіцієнтом варіації $K_{\text{var}} = \Delta \bar{L} / \sigma(\Delta L)$ [10]. На основі результатів досліджень встановлено, що при $K_{\text{var}} < 0.2$ випробування для виробничих умов визнано добрими за стабільністю зношування, при $0.2 < K_{\text{var}} < 0.35$ – сповна задовільними. Таким чином, маючи на періодах припрацювання і на періоді усталеного зношування коефіцієнти варіації, можемо стверджувати, що процес випробування досить стабільний і забезпечує достовірні результати.

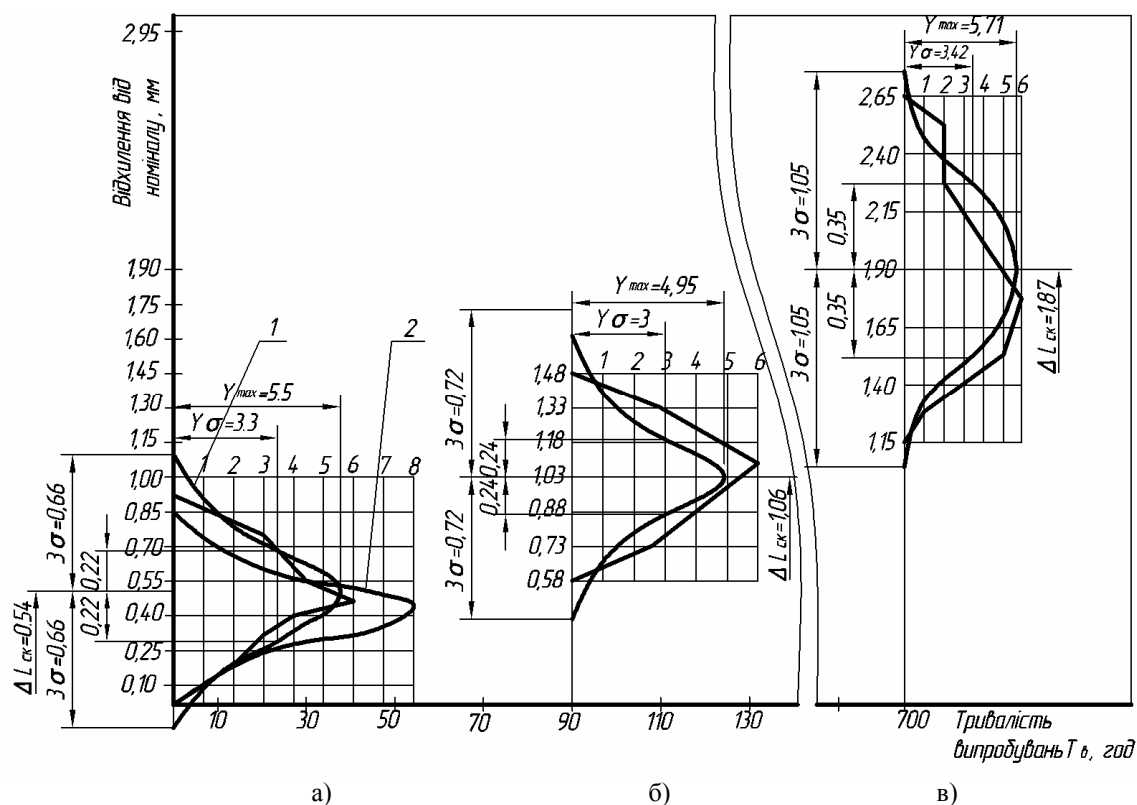


Рисунок 5. Полігони й теоретичні криві розсіювання відхилень довжини відрізка ланцюга ПР-12,7-1820-2 після: а) складання; б) припрацювання; в) 700 годин випробувань; 1 – експериментальна; 2 – регламентована [1]

Для $\Delta_{\text{аєі}} = 0,01$ і різних k за даними експериментальних досліджень отримали значення періодичності контролю видовження ланцюга ПР-12,7-1820-2, наведені в таблиці 4.

Таблиця 4. Періодичність вимірювань видовження відрізків приводного ланцюга ПР-12,7-1800-2 при випробуваннях на надійність при різних значеннях

Значення k	Етапи періодичності контролю T_k , год.					
	Припрацювання при інтенсивності зношування			Усталеного процесу спрацювання при інтенсивності зношування		
	Мінімальн.	Найбільш імовірні	Максимальн.	Мінімальн.	Найбільш імовірні	Максимальн.
4	10,5	5,6	2,2	50,1	29,6	21,3
5	13,0	7,0	2,6	63,0	37,0	26,6
6	15,7	8,4	3,1	75,5	44,5	32,0

Отримані дані дають можливість вибрати залежно від заданої точності вимірювання періодичність контролю видовження відрізків приводного ланцюга ПР-12,7-1820-2 при випробуванні його на надійність. З отриманих даних можна рекомендувати здійснювати контроль видовження відрізка ланцюга ПР-12,7-1820-2 за мінімальною інтенсивністю зношування на етапі припрацювання – через 2 зміни (16 год.), а на етапі усталеного спрацювання – через 8 змін (64 год.). Запропонована методика може бути корисною для досліджень видовження відрізків при випробуваннях за умов, які відрізняються від встановлених [1].

Рекомендації вибору періодичності контролю при мінімальній інтенсивності зношування базуються на високій імовірності отримання достовірних результатів.

Висновки. Отримано науково-обґрунтовані залежності для визначення періодичності вимірювань видовження відрізка приводних роликів і втулкових ланцюгів при випробуванні їх на надійність залежно від точності контрольованого приладу, які можуть бути використані при удосконаленні вимог існуючого ДСТУ. Експериментальні дослідження надійності приводного роликів і втулкового ланцюга з кроком 12,7 мм здійснено за режимами, регламентованими діючим стандартом за коефіцієнтом варіації, підтвердили добру стабільність процесу зношування як на періоді припрацювання, так і на періоді усталеного зношування, що є основою достовірності отриманих результатів.

Література

1. Ланцюги приводні роликів і втулкові. Загальні технічні умови (ГОСТ 13568-97 (ISO 606-94), IDT) ДСТУ ГОСТ 13568: 2006 (ISO 606-94) (ISO 606:1994, NEQ). – [Чинний від 2006-12-26]. – К.: Держспоживстандарт України, 2007. – III, 23с. – (Національний стандарт України).
2. Глущенко І.П. Про різномірність кроків ланок роликів ланцюгів з прямими пластинами / І.П. Глущенко // Роликові ланцюгові передачі. – Львів: ЛДУ, 1966. – №12. – С. 4–9.
3. Глущенко І.П. Призначення допусків на довжини відрізків і контактні кроки ланок роликів ланцюга з прямими пластинами/ Ілля Глущенко, Олександр Петрик // Роликові ланцюгові передачі. – Львів: ЛДУ, 1971. – №49. – С.12–28.
4. Определение оптимальных соотношений шагов внутренних и наружных звеньев и среднего шага цепи приводных цепей / С.А. Дубыняк, И.И. Зубченко, И.Д. Дубецкий, Клевс Я.Д. // Вестник машиностроения. – 1976. – №1. – С.35–37.
5. Ефимова М.Г. К вопросу повышения точности изготовления приводных цепей / М.Г. Ефимова // Тракторы и сельхозмашины. – 1987. – №9. – С.32–33.
6. Кривый П.Д. Работоспособность приводных роликів и втулочных цепей с ориентированными втулками: автореф. дисс. на соиск. научной степени канд. техн. наук: спец. 05.02.02. "Машиноведение и детали машин" / П.Д. Кривый. – Львов, 1990. – 18с.
7. Хлунов В.А. Точностные характеристики роликів цепей 15,875 мм, ГОСТ 10947-65 / В.А. Хлунов // Волновые и цепные передачи / Под ред. Г.В. Столбина и Н.И. Цейтлина. – М.: Станкин. – 1967. – С.278–288.
8. Хлунов В.А. К вопросу о повышении точности приводных роликів цепей / В.А. Хлунов // Механические передачи (цепные и зубчатым ремнем); под ред. Г.Б. Столбина. – М.: НИИМАШ. – 1971. – С.54–65.
9. Колкер Я.Д. Математический анализ точности механической обработки / Колкер Я.Д. – Киев: Техника. – 1976. – 200с.
10. Башков В.М. Испытание режущего инструмента на стойкость / В.М. Башков, П.Г. Кацев. – М.: Машиностроение, 1985. – 136 с.

Отримано 17.11.2010